

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年12月 6日
Date of Application:

出願番号 特願2002-355066
Application Number:

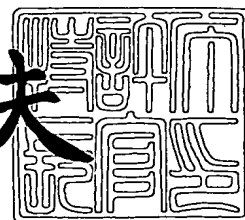
[ST. 10/C]: [JP 2002-355066]

出願人 東光株式会社
Applicant(s):

2003年 9月 1日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3070957

【書類名】 特許願

【整理番号】 P6266

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市大字五味ヶ谷 1 8 番地 東光株式会社
埼玉事業所内

【氏名】 渡辺 薫明

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市大字五味ヶ谷 1 8 番地 東光株式会社
埼玉事業所内

【氏名】 中山 一博

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市大字五味ヶ谷 1 8 番地 東光株式会社
埼玉事業所内

【氏名】 村上 博美

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市大字五味ヶ谷 1 8 番地 東光株式会社
埼玉事業所内

【氏名】 村上 佳隆

【特許出願人】

【識別番号】 000003089

【氏名又は名称】 東光株式会社

【代表者】 坂元 弘

【電話番号】 049-279-1721

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 038737

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】

図面 1

【物件名】

要約書 1

【プルーフの要否】

要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 複合磁性材料とそれを用いたコア及び磁性素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 鉄系の結晶質合金磁性粉と鉄系の非晶質合金磁性粉とを混合してなる混合磁性粉に、該混合磁性粉の 1 ～ 10 w t % の絶縁性結着剤をさらに混合したことを特徴とする複合磁性材料。

【請求項 2】 混合磁性粉における結晶質合金磁性粉と非晶質合金磁性粉の配合比をそれぞれ 60 ～ 90 w t %、40 ～ 10 w t % とした請求項 1 の複合磁性材料。

【請求項 3】 結晶質合金磁性粉の組成が 3 ～ 12 w t % の成分 X と残部の鉄からなり、非晶質合金磁性粉の組成が 6 ～ 20 w t % の成分 Y と残部の鉄からなり、成分 X が S i、C r、N i、N b、C a、T i、M g のうち少なくとも一つを含み、成分 Y が S i、C r、N i、C o、M o、B、C のうち少なくとも一つを含む請求項 1 または請求項 2 の複合磁性材料。

【請求項 4】 結晶質合金磁性粉と非晶質合金磁性粉のそれぞれの粉末粒子の平均粒径を、共に 1 ～ 50 μ m とした請求項 1、請求項 2 又は請求項 3 の複合磁性材料。

【請求項 5】 請求項 1 ～ 4 のうちのいずれか一つの請求項の複合磁性材料を加圧成形してなるコア。

【請求項 6】 請求項 5 のコアの中に、少なくとも一つの巻線コイルを埋設した磁性素子。

【請求項 7】 請求項 5 のコアの中に、少なくとも一つの平板導体を埋設した磁性素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、鉄合金からなる磁性材料と、この磁性材料を使用して構成したコア及びインダクタ等の磁性素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、ノートパソコン、サーバ用MPUの処理速度の高速化は目覚しく、それに伴って供給電源の大電流化が急速に進んでいる。

一方、DC/DCコンバータの小型化を狙ったスイッチング周波数の高周波化の進展にも著しいものがあり、これに伴いDC/DCコンバータに用いるパワーインダクタの低インダクタンス化が進んでいる。

【0003】

従来、この種のパワーインダクタはフェライト磁性体を用いて実現されていたが、フェライト磁性体の場合は透磁率が高く、高インダクタンスには向いているものの、飽和磁束密度が0.3T（テスラ）ないしは0.4Tと比較的低いため大電流印加時に磁気飽和状態に陥り易く、大電流化の要求には適さない。これに対し金属磁性体によるダストコアは飽和磁束密度が0.8T程度あり、大電流印加時でも磁気飽和を起こさず、大電流化の要求に対応できる。

【0004】

飽和磁束密度がフェライトの約2倍ある金属磁性材料によるダストコアは小型化にも威力を発揮する。図3のような平均磁路長がA、断面積がS、コイル巻数をNとするトロイダルコアによるコイルのインダクタンス L_o および飽和電流値 I_s は透磁率を μ 、飽和磁束密度を B_m とすると、次式が成立する。

$$I_s = B_m \cdot A / (\mu \cdot N) \dots\dots\dots (1)$$

$$L_o = \mu \cdot S \cdot N^2 / A \dots\dots\dots (2)$$

平均磁路長Aは(1)式から

$$A = \mu \cdot N \cdot I_s / B_m \dots\dots\dots (3)$$

これを(2)式に代入すると断面積Sは

$$S = I_s \cdot L_o / (N \cdot B_m) \dots\dots\dots (4)$$

となり、トロイダルコアの体積V ($V = A \cdot S$) は

$$V = (\mu / B_m^2) \cdot I_s^2 \cdot L_o \dots\dots\dots (5)$$

となる。したがって、 I_s と L_o の仕様が決まるとコアの所要体積は μ / B_m^2 に比例することになる。

【0005】

フェライト磁性体をパワーインダクタに使用する場合、磁気飽和特性を改善するために、一般的に磁気回路に空隙が設けられる。フェライト材自体の透磁率は高いが、空隙を設けると実効的な透磁率 μ_e は40程度になり金属磁性体と同等になる。このように金属磁性体によるダストコアとフェライトコアの実効透磁率 μ_e を略等しくすると、コアの所要体積は B_m^2 に逆比例して小さくなる。金属磁性体によるダストコアの飽和磁束密度 B_m はフェライトの約2倍になるので、金属磁性体で構成したパワーインダクタはフェライトに比べて磁性体の体積を約1/4にでき、形状の大幅な小型化が可能となる。

【0006】

磁性粉に絶縁性結着剤を加えてなる複合磁性粉の中に、巻線コイルまたは平板状導体を埋設した一体成型型インダクタは、大電流化と小型化を同時に実現でき、前記ニーズ動向に合ったインダクタといえる。また、構造も非常に単純で作りやすく、製品の低コスト化も容易である。一体成型型インダクタの構成例を図1及び図2に示す。

【0007】

図1のインダクタは、粒子表面が絶縁処理された磁性粉を加圧成形してなる成形体1のなかに、巻線型のコイル2を埋設したものである。成形体1には接着あるいはその一部を成形体1の中に埋め込むなどの手段で電極3が取り付けられ、コイル2の末端が電極3に接続されている。

【0008】

図2に示すインダクタは、図1の巻線型のコイル2に代えて蛇行した平板状導体4を用いたもので、成形体1のなかに平板状導体4が埋設され、平板状導体4の末端が成形体1の外部に引き出されて電極3を構成している。

【0009】

一体成型型インダクタは、等価的に図4のように二つの電極3の間にインダクタンス L と成形体1の絶縁抵抗 R_z が並列に接続されたものとなる。この絶縁抵抗 R_z が高温劣化などにより低下すると、絶縁抵抗 R_z に流れる電流が増加して発熱し、成形体の温度が上昇する。成形体の温度が上昇すると熱的劣化が進んで絶縁抵抗 R_z がさらに低下し、発熱がますます増加する。次第にこの現象が加速

されて、最終的にインダクタは熱暴走し、インダクタの破損ひいては基板を含む周辺電子部品の破損にいたることがあった。

【0010】

図5は、降圧型DC/DCコンバータにおいてインダクタLに並列接続した抵抗Rの値を変えたときの変換効率の変化を測定した結果を示すものである。並列抵抗Rの値が大きい場合は効率の変化は無いが、10KΩを切るあたりから効率が低下し始め、以降急激に低下している。従って、一体成型型インダクタにおける前述の絶縁抵抗 R_z は10KΩが下限と考えられる。

【0011】

純鉄の磁性粉を用いた従来の加圧成型型インダクタとしては特許文献1に記載のものがある。また、CrやSiなどを加えた鉄合金磁性粉を用いたものは、特許文献2に開示されている。このような磁性粉にリン酸やホウ酸等により酸化皮膜を形成し、さらに耐熱性に優れた熱硬化性樹脂で磁性粉の粒子をコーティングして絶縁性を高め結着力を付与した複合磁性粉を用いて、図1のようなインダクタを試作してみた。複合磁性粉を加圧成形して形成したそれぞれの成型体1は、縦7mm、横7mm、高さ3mmの寸法とし、加圧成形後150℃で1時間加熱し硬化させた。

【0012】

【特許文献1】特開平9-120926号公報（段落0012）

【特許文献2】特開2002-289417号公報（段落0013）

【0013】

図6は、これらのインダクタを150℃の高温環境下に置いたときの絶縁抵抗の低下状況を示している。図6から明らかなように、絶縁抵抗の初期値は高いものの、150℃環境下では時間の経過とともに絶縁抵抗が低下する。純鉄磁性粉の場合、先の回路動作からくる絶縁抵抗の下限である10kΩに低下するのが100時間、同じくCrが5%、Siが3%で残部がFeの合金磁性粉では同じく2000時間となっている。

【0014】

一般的に高温時の絶縁抵抗の低下を防ぐには、シリコン系などの耐熱性樹脂や

ガラス等で金属磁性粉をコーティングし、加圧成形した後、数百度で焼鈍することが有効であることは良く知られている。ただし、図1や図2の構造のインダクタでは、絶縁性結着剤としてエポキシ樹脂などの熱硬化性樹脂を、またコイル線材の絶縁皮膜としてウレタン樹脂皮膜などが使われるため、加圧成形時の残留応力を取り除く目的で一般的に行われる数百℃での焼鈍は、これら樹脂が炭化するため行うことが出来ない。

【0015】

絶縁抵抗の低下が進行する速度は「温度が10℃上がるごとに反応速度が2倍となる」というアレニウスの反応式に従って低下することが実験的に確かめられている。すなわち、絶縁抵抗がある値まで低下する時間を、温度 T_a ℃の環境下では L_a 時間、温度 T_b ℃の環境下では L_b 時間とし、 $T_b > T_a$ とすると、アレニウスの反応式により、次のように表すことができる。

$$L_a = L_b \cdot 2^{(T_b - T_a)/10} \dots (6)$$

【0016】

パソコン、サーバなどの実際の使用状態における最高温度は100℃程度と考えられる。そこで、図6に示した150℃における「絶縁抵抗が10kΩに低下する時間（以下、寿命時間という）」を基にして、100℃における寿命時間を(6)式により推定すると、純鉄磁性粉では3,200時間、鉄合金磁性粉では64,000時間となる。この程度の寿命時間ではサーバなど10年間無停止運転が通常となる製品寿命から考えて、いかにも短い。近年は電源装置の小型化や大容量化に伴って、要求されるインダクタの使用温度環境が年々厳しくなり最低でも100℃、10年の寿命保障が要求される。

【0017】

一方、非晶質合金磁性粉は結晶質合金磁性粉に比べて粒子表面に安定な酸化不動態膜をつくり、また結晶質合金磁性粉にあるような粒子内の結晶粒界がなく、粒子表面が安定な構造となっている。図6には、複合磁性材料として非晶質合金磁性粉を使用した場合の絶縁抵抗低下特性も併せて示したが、他の材料と比較して低下が少なく、非常に安定であることが分かる。

【0018】

表1は磁性粉材料を変えたときの圧粉磁心の特性を比較したものである。(ハ)の非晶質合金磁性粉は素晴らしい耐絶縁抵抗低下特性を持っているが、磁氣的、電氣的な特性は(イ)の純鉄磁性粉あるいは(ロ)の鉄系の結晶質合金磁性粉に劣る点が多い。また、鉄系の非晶質合金磁性粉(ハ)は材料自体が非常に硬くて加圧成形加工したときの塑性変形が少ないため粒子間のくいつきが悪く、圧粉磁心成形体の強度が弱いという問題もある。

【0019】

【表1】

	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
圧粉磁心材料	純鉄磁性粉	結晶質合金磁性粉	非晶質合金磁性粉	非晶質合金磁性粉
焼鈍処理	なし	なし	なし	あり
実効透磁率	○	△	×	○
直流重畳特性	○	△	△	○
コアロス	○	△	△	○
絶縁抵抗低下特性	×	△	○	○
加圧成形性	○	○	×	×

○:良好 △:やや良 ×:わるい

【0020】

非晶質合金磁性粉の持つ本来の磁気特性を得るためには、加圧成形時の残留応力などを焼鈍により緩和させる必要がある。非晶質合金磁性粉は焼鈍処理することによって表1の(ニ)のように加圧成形性以外の諸特性が改善される。ところが、焼鈍温度は非晶質合金のガラス遷移温度と結晶化開始温度の範囲内である約470℃と高温になる。この温度では結着用樹脂や線材の絶縁皮膜樹脂が炭化してしまうため前述した図1や図2の構造の一体成形インダクタには適用できなかった。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】

熱硬化性樹脂を結着材とした複合磁性材料による一体成型型インダクタでは、通常、電極が加圧成形された複合磁性材料に接触するため、等価的にインダクタンスと並列に複合磁性材料の絶縁抵抗が入ることになる。純鉄磁性粉または鉄系

合金磁性粉による複合磁性材料粉の場合、高温環境下に置かれると絶縁抵抗の急速な低下が始まる。回路の動作中にインダクタの絶縁抵抗値が $10\text{ K}\Omega$ を切ると熱暴走状態に陥り、最終的には破壊に至るため、このような一体成型型インダクタの実用化が困難であった。そこで本発明は、一体成型型インダクタに好適な複合磁性材料において、高温環境下における絶縁抵抗の低下の改善を図るものである。

【0022】

【課題を解決するための手段】

本発明は、鉄系の結晶質合金磁性粉と鉄系の非晶質合金磁性粉とを混合してなる混合磁性粉に、この混合磁性粉の $1\sim 10\text{ wt}\%$ の絶縁性結着剤をさらに混合した複合磁性材料の構成を特徴とする。また本発明は、この複合磁性材料を加圧成形して構成したコアと、このコアの中に巻線コイルまたは平板導体を埋設した磁性素子の構成を特徴とする。

【0023】

【実施例】

次に、本発明の一実施例について説明する。まず、鉄系の結晶質合金磁性粉と鉄系の非晶質合金磁性粉とを、それぞれ $10\sim 90\text{ wt}\%$ 、 $90\sim 10\text{ wt}\%$ の範囲から選んだ異なる配合比で混合してなる混合磁性粉を数種類用意し、これらの混合磁性粉 $100\text{ wt}\%$ に対して、混合磁性粉の $3.5\text{ wt}\%$ の絶縁性結着剤を混合して数種類の複合磁性材料を得た。

【0024】

これらの複合磁性材料の結晶質合金磁性粉は $7\text{ wt}\%$ がSi及びCrで残りを鉄とし、非晶質合金磁性粉は $12\text{ wt}\%$ がSi及びCr、B、Cで残りを鉄としである。そして、絶縁性結着材をエポキシ樹脂とした複合磁性材料の粉末に、数 $\text{wt}\%$ のステアリン酸塩等の潤滑材を添加、混合したのちグラニュー状に乾燥、造粒した。この磁性粉末をプレス金型に充填して加圧成形して、外径 $14\text{ mm}\phi$ 、内径 $10\text{ mm}\phi$ 、高さ 3 mm のリングコアを形成し、さらに 150°C で1時間熱硬化させた。

【0025】

なお、結晶質合金磁性粉と非晶質合金磁性粉のそれぞれの粉末粒子の平均粒径は、共に $1 \sim 50 \mu\text{m}$ の範囲とするのが好ましい。平均粒径が $1 \mu\text{m}$ より小さいと成形体の実効透磁率が上がらず、 $50 \mu\text{m}$ より大きくなると渦電流損失が大きくなりすぎる。

【0026】

図7～図9は、結晶質合金磁性粉と非晶質合金磁性粉の混合比を変えた複合磁性材料粉末を加圧成形したリングコアの特性を示している。図7は 1MHz における透磁率、図8は周波数が 300kHz で磁束密度が 40mT の条件下におけるコアロスである。また図9は 150°C で 200 時間加熱した後に 25V の直流電圧を印加して測定した絶縁抵抗の変化である。図7から分かるように、結晶質合金磁性粉の比率が $25 \sim 90\text{wt}\%$ 、非晶質合金磁性粉の比率が $75 \sim 10\text{wt}\%$ の時に、各々の磁性粉が 100% の時よりも透磁率が高くなる。図8からは、同様にこのとき高周波、高電力時に問題となる磁性体のコアロスが改善されていることが分かる。

【0027】

図9から明らかなように、結晶質合金磁性粉の比率が低いほど絶縁抵抗の低下は少なくなる。しかし、結晶質合金磁性粉が少なくなると成形体の強度が得にくくなる問題がある。成形体の強度を考えると、混合磁性粉における結晶質合金磁性粉の配合比は $60\text{wt}\%$ 以上とするのが好ましい。したがって、図7、図8の結果も併せて考慮すると、混合磁性粉の配合比は結晶質合金磁性粉を $60 \sim 90\text{wt}\%$ 、非晶質合金磁性粉を $40 \sim 10\text{wt}\%$ とするのがよい。

【0028】

図10は結晶質合金磁性粉 $75\text{wt}\%$ 、非晶質合金磁性粉 $25\text{wt}\%$ の混合磁性粉において、絶縁性結着材の配合量を変えたときのリングコアの透磁率と絶縁抵抗の変化を示す図である。この図から、透磁率が大幅に低下せず、且つ、良好な絶縁抵抗の耐低下特性を得るためには $3 \sim 4.5\text{wt}\%$ を絶縁性結着材の量として選択するのが好ましいことが分かる。

【0029】

比較的軟らかい結晶質合金磁性粉と非常に硬い非晶質合金磁性粉を混合し加圧

成形することにより、透磁率、コアロスがいずれの単品の時よりも改善されている。これは混合による新たな物理現象が起こっているものと推定される。この物理現象を以下、「最密充填効果」と呼ぶこととする。この「最密充填効果」は上述のように、結晶質合金磁性粉と非晶質合金磁性粉の混合により、初期の狙いとした絶縁抵抗の耐低下特性改善だけでなく、相乗効果による優れた磁気特性を実現するもので、今後の可能性には大きなものがあると考えられる。

【0030】

図6に示した混合磁性粉の特性は、結晶質合金磁性粉を70～80wt%、非晶質合金磁性粉を30～20wt%の配合比としたときのものである。図6から明らかなように、この混合磁性粉の絶縁抵抗の低下の割合は、非晶質合金磁性粉単品よりは劣るものの、結晶質合金磁性粉単品よりは改善されている。結晶質合金磁性粉の100℃における寿命時間が先の算定では64,000時間であったのに対して128,000時間と算定される。これはノートPC、サーバなどの通常の使用環境では十分な寿命時間と考えられる。

【0031】

また「最密充填効果」により、透磁率、コアロスもそれぞれの単品よりも改善されており、結晶質合金磁性粉、非晶質合金磁性粉のそれぞれ単品時の特性に対し、混合比を選ぶことにより10%から20%改善されることが分かる。今回の試作では10%から20%の改善度合いであったが、今後、検討を重ねることにより更なる改善も期待できる。

【0032】

本発明の複合磁性材料は、結晶質合金磁性粉と非晶質合金磁性粉とを混合し、さらに絶縁性結着剤を混合したものである。この複合磁性材料を加圧成形して得たコア及びこのコアに巻線コイルや平板導体を埋設した磁性素子は、高温時の絶縁抵抗低下特性が、非晶質合金磁性粉単独の磁性粉を使用した場合より劣っている。しかし、非晶質合金磁性粉材料を加圧成形して得た磁性素子の課題であった「透磁率が上がらない、成形体の機械強度が弱い、高温での焼鈍が必要」等の問題が、結晶質合金磁性粉と非晶質合金磁性粉との混合磁性粉の使用により大きく改善された。

【0033】**【発明の効果】**

本発明による複合磁性材料を用いることにより、透磁率、コアロスなどの特性を改善し、更に高温環境下でも絶縁抵抗の低下の少ない信頼性の高いコアや磁性素子を実現することが出来る。また、この複合磁性材料は加圧成形性に優れ、得られるコアや磁性素子の機械的強度も高い。金属磁性材によるダストコアを用いた一体成型型インダクタは大電流に対応でき、小型薄型化、更には低コスト化も可能であることより理想のインダクタと考えられてきたが、本発明により電気的性能を改善しつつ高温時の絶縁抵抗低下特性をも改善出来たことは、その実用化に向けて大きく一步を踏み出したものと考えられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 インダクタの第1の例を示す斜視図

【図2】 インダクタの第2の例を示す斜視図

【図3】 トロイダルコイルの斜視図

【図4】 一体成型型インダクタの等価回路図

【図5】 並列抵抗によるDC/DCコンバータの変換効率の変化を示す図

【図6】 150℃における絶縁抵抗の低下特性図

【図7】 本発明の複合磁性材料の配合比に対する透磁率の特性図

【図8】 本発明の複合磁性材料の配合比に対するコアロスの特性図

【図9】 本発明の複合磁性材料の配合比に対する絶縁抵抗の特性図

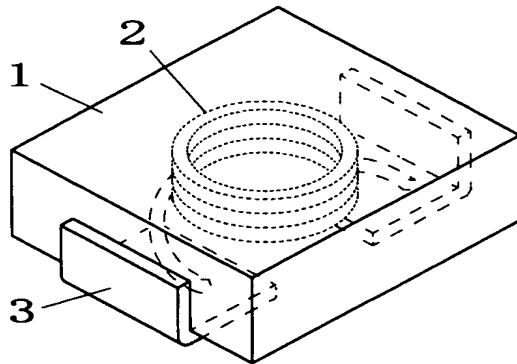
【図10】 絶縁性結着材の配合量に対する成形体の透磁率と絶縁抵抗の変化を示す図

【符号の説明】

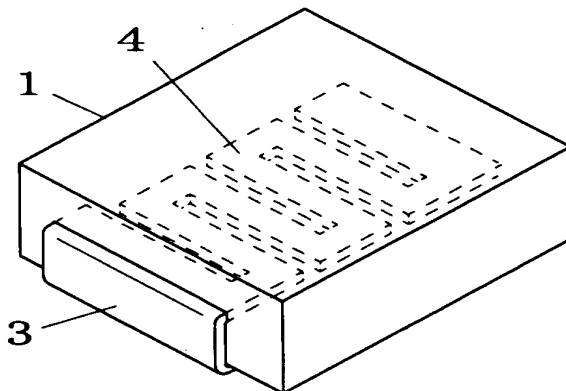
- 1 成形体
- 2 コイル
- 3 電極

【書類名】 図面

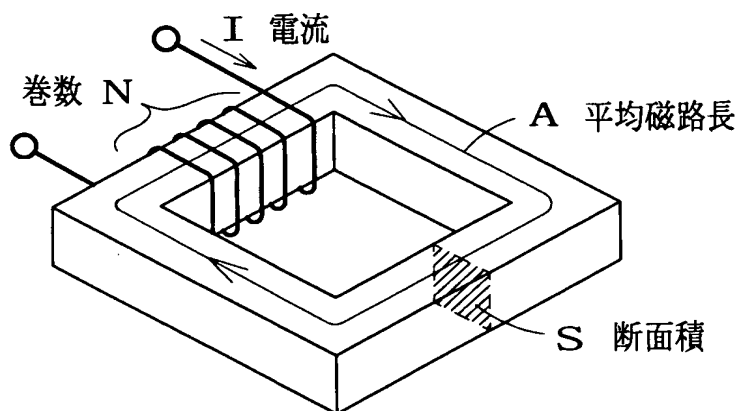
【図 1】



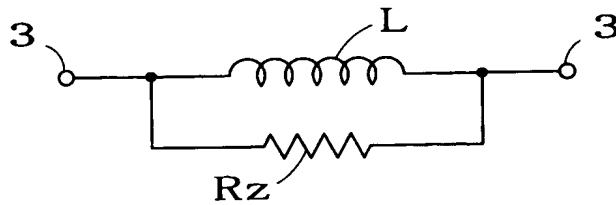
【図 2】



【図 3】

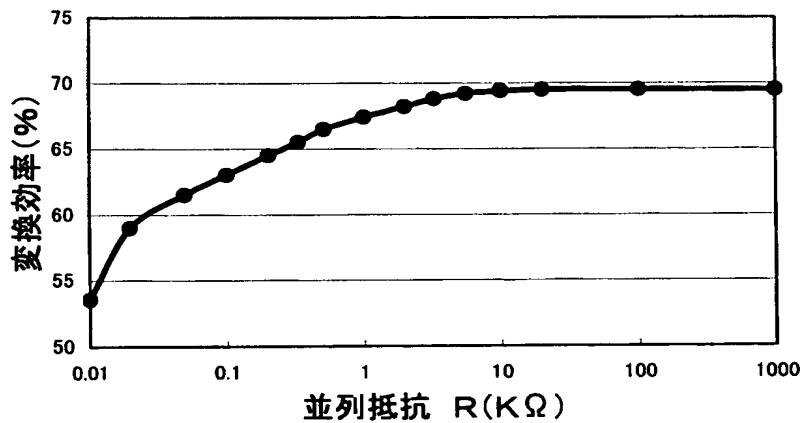


【図 4】



【図 5】

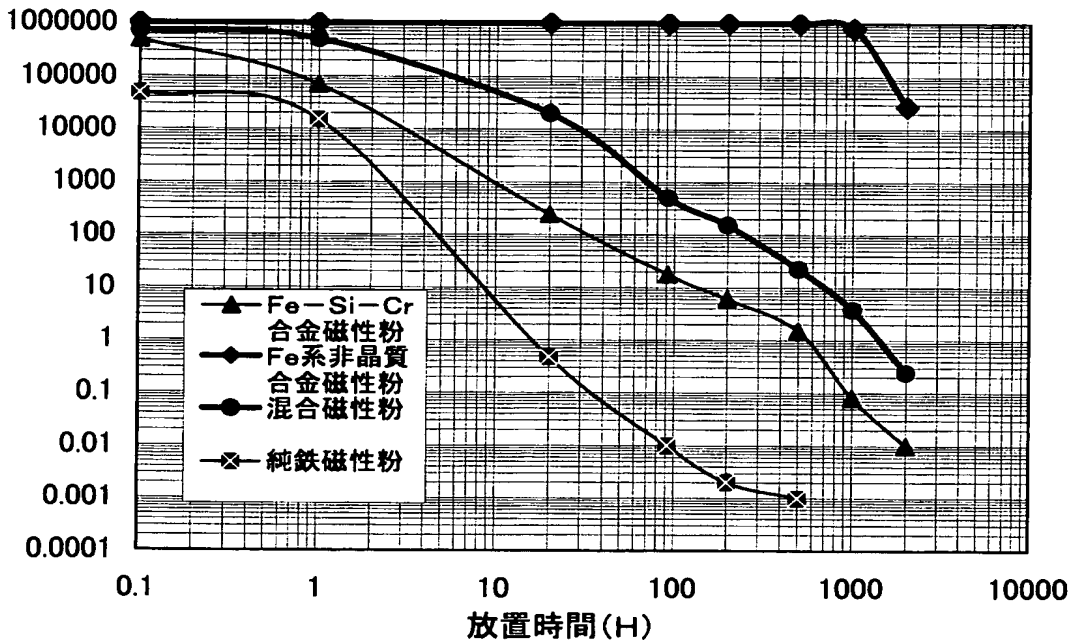
インダクタに抵抗 R を並列接続した時の効率変化



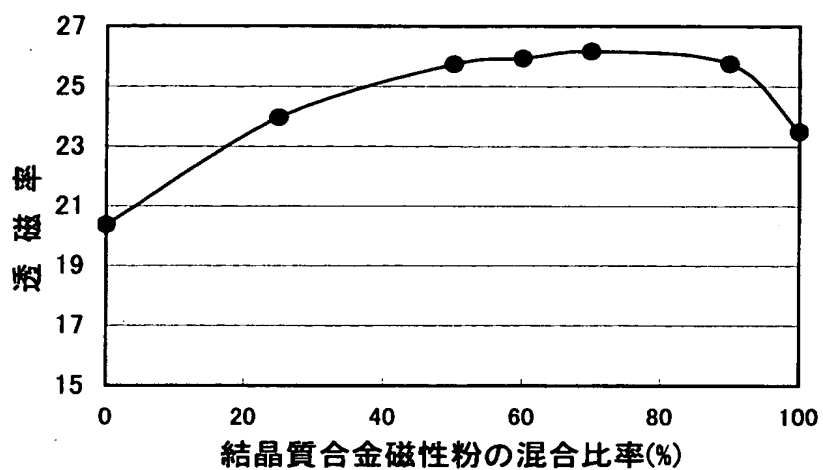
【図 6】

絶縁抵抗低下特性(150°C)

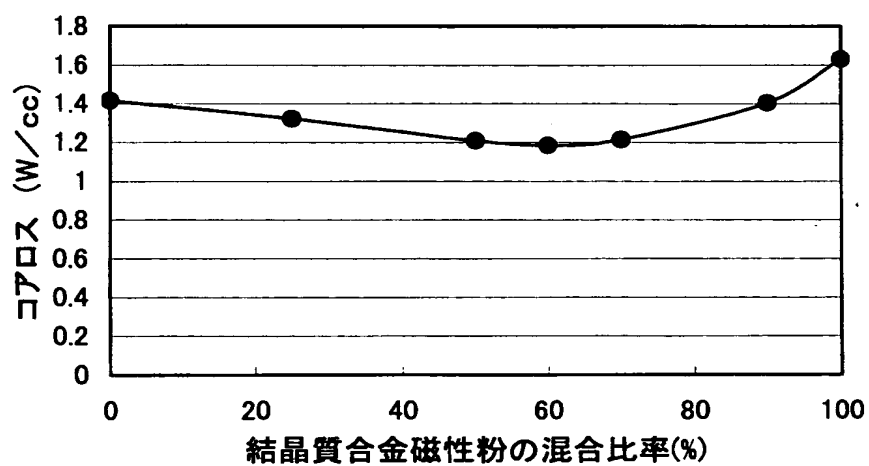
絶縁抵抗(M Ω)



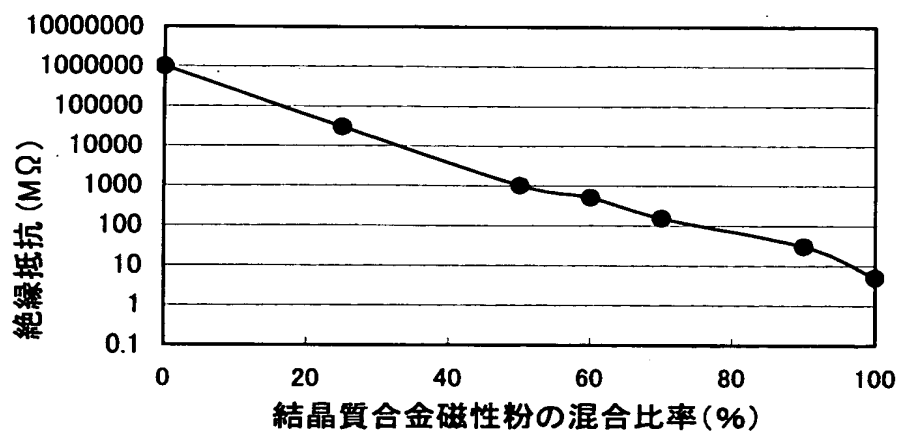
【図 7】



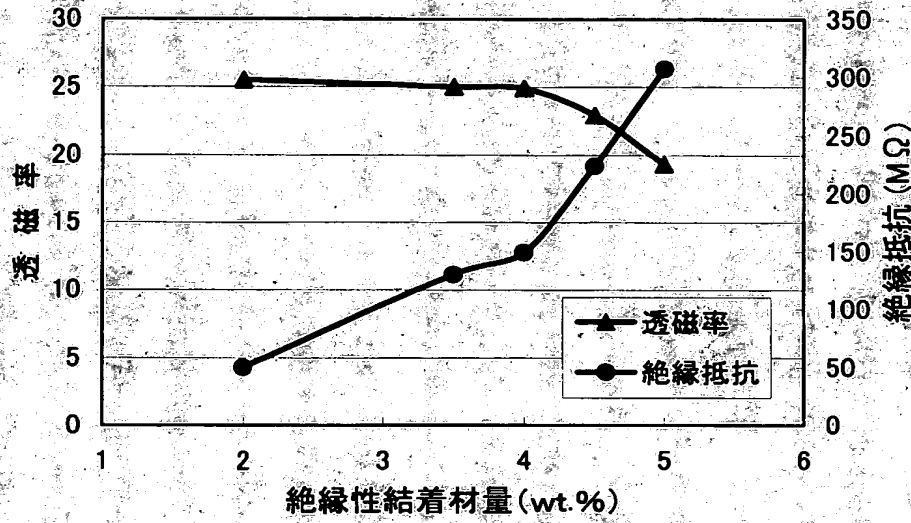
【図 8】



【図 9】



【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 鉄合金の磁性粉を加圧成形した従来の一体成型型インダクタは、高温環境下に置かれると絶縁抵抗が急速に低下する問題があった。

【解決手段】 鉄系の結晶質合金磁性粉と鉄系の非晶質合金磁性粉とを混合してなる混合磁性粉に、この混合磁性粉の 1 ~ 1 0 w t % の絶縁性結着剤をさらに混合して電子部品用の複合磁性材料とする。

また、この複合磁性材料を加圧成形してコアを形成し、このコアの中にコイルを埋設してインダクタ等の磁性素子を構成する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-355066
受付番号	50201850938
書類名	特許願
担当官	第六担当上席 0095
作成日	平成14年12月 9日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年12月 6日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 2 - 3 5 5 0 6 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 0 8 9]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区東雪谷 2 丁目 1 番 1 7 号

氏 名

東光株式会社